

ПЕРІОДИЧЕСКАЯ ЗАКОННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХЪ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

Фарадеевское чтеніе (Faraday Lecture) въ англійскомъ Химическомъ Обществѣ, 23 мая / 4 іюня 1889 года.

Д. Менделѣева.

Мм. Гг.

Высокая честь, оказанная Великобританскимъ Химическимъ Обществомъ, призвавшимъ меня почтить всемірное имя Фарадея научнымъ сообщеніемъ, заставляетъ меня избрать его предметомъ періодическій законъ, какъ такое химическое обобщеніе, которое въ послѣдніе годы обратило на себя общее вниманіе.

Въ непрерывномъ поступательномъ движеніи наукъ полезно по временамъ дѣлать обзоръ пройденнаго пути, особенно по отношенію къ новымъ понятіямъ, назначеннымъ для обобщенія фактическаго запаса, ежедневно прибывающаго изъ лабораторій, которыя кладутъ на современное движеніе наукъ отпечатокъ, незнакомый не только древности, но даже прошлому столѣтію. Мысль Бакона и Декарта подчинить строй наукъ единовременно опыту и умозрѣнію въ ихъ взаимной связи—нашла въ отношеніи къ химіи только чрезъ посредство этихъ институтовъ свое настоящее осуществленіе, потому что опытъ умножился и расширился. Подъ его всепроникающимъ контролемъ быстро укрѣпляется, хотя не зрѣлое, но правильно поставленное сужденіе, сглаживается и улучшается поспѣшное и скоро теряетъ призрачный блескъ неосновательное и предвзятое, если только оно способно давать логическія слѣдствія, подлежащія опытной провѣркѣ. Волею или неволею въ наукѣ мы всѣ рано или поздно обязаны подчиняться — не тому, что привлекательно, съ той или другой стороны, а лишь тому, что представляетъ согласіе обобщенія съ опытомъ, то есть про-



вѣренному обобщенію и провѣренному опыту. Давно ли многимъ не хотѣлось признать обобщеній закона Авогадро и Ампера, столь широко примѣненнаго Жераромъ? Еще и нынѣ слышны голоса противниковъ; они свободно раздаются, но звучатъ напрасно, пока не говорятъ провѣренными фактами. Изъ поразительныхъ наблюденій, доставленныхъ спектроскопомъ и давшихъ возможность химическаго анализа недосягаемыхъ міровъ, казалось, вотъ, вотъ постигнутся самые атомы и для нихъ наступитъ эпоха анализа, но лабораторная разработка предмета показала, что спектры опредѣляются не прямо атомами, а зависятъ отъ частицъ, въ которыя сложились атомы, а потому стало ясно, что сперва надо собрать побольше провѣренныхъ фактовъ, чтобы имѣть право извлекать изъ нихъ новыя обобщенія, могущія стать въ уровень съ привычнымъ химическимъ обобщеніемъ, состоящемъ въ понятіяхъ о простыхъ тѣлахъ и атомахъ. Но какъ тѣнь, листья и корни живущихъ растеній вмѣстѣ съ остатками отжившихъ помогаютъ росту возникающихъ вновь и гарантируютъ пышный цвѣтъ всему живому, такъ уцѣлѣвшія обобщенія съ остатками отжившихъ — помогаютъ росту научной производительности и гарантируютъ пышное развитіе науки подъ лучами центровъ научной энергіи. Такіе центры въ наше время образуютъ научныя ассоціаціи и общества. Передъ однимъ изъ сильнѣйшихъ и старѣйшихъ я рѣшаюсь сдѣлать обзоръ протекшаго двадцатилѣтія того обобщенія, которое извѣстно подъ именемъ періодической законности, какъ въ мартѣ 1869 года передъ другимъ, совсѣмъ тогда еще молодымъ — Русскимъ — Химическимъ Обществомъ рѣшился изложить свои мысли объ этомъ предметѣ, вложенныя въ сочиненіе «Основы химіи», которое я тогда писалъ.

Не вдаваясь въ подробности, приведу тотъ выводъ, который тогда сдѣлалъ, сохраняя слова подлинника:

«1) Элементы, расположенные по величинѣ ихъ атомнаго вѣса, представляютъ явственную періодичность свойствъ».

«2) Сходственные по химическимъ отправленіямъ элементы представляютъ или близкіе атомные вѣса (подобно Pt, Ir, Os), или послѣдовательно и однообразно увеличивающіеся (подобно K, Rb, Cs)».

«3) Сопоставленіе элементовъ или ихъ группъ по величинѣ атомнаго вѣса соотвѣтствуетъ, такъ называемой, ихъ атомности и, до нѣкоторой степени, различію химическаго характера, что видно ясно въ рядѣ: Li, Be, B, C, N, O, F и повторяется въ другихъ рядахъ».

«4) Распространеннѣйшія въ природѣ простыя тѣла имѣютъ малый атомный вѣсъ».

«5) Величина атомнаго вѣса опредѣляетъ характеръ элемента, какъ величина частицы опредѣляетъ свойства сложнаго тѣла».

«6) Должно ожидать открытія еще многихъ неизвѣстныхъ простыхъ тѣлъ, напр. сходныхъ съ Al и Si, элементовъ съ вѣсомъ атома отъ 65 до 75».

«7) Величина атомнаго вѣса атома элемента иногда можетъ быть исправлена, зная его аналогіи. Такъ пай Te долженъ быть не 128, а 123—126».

«8) Нѣкоторыя аналогіи элементовъ открываются по величинѣ вѣса ихъ атома».

«Цѣль моей статьи была бы совершенно достигнута, если бы мнѣ удалось обратить вниманіе изслѣдователей на тѣ отношенія въ величинѣ атомнаго вѣса несходныхъ элементовъ, на которыя, сколько то мнѣ извѣстно, до сихъ поръ не обращалось почти никакого вниманія. Полагаю, что въ задачахъ этого рода лежитъ разрѣшеніе однихъ изъ наиболѣе важныхъ вопросовъ нашей науки».

Нынѣ, чрезъ 20 лѣтъ, эти положенія еще можно выставить, какъ сущность всѣмъ уже извѣстной періодической законности.

Вникая въ эпоху конца 60-хъ годовъ, должно указать на три ряда данныхъ, безъ которыхъ нельзя было бы явиться періодической законности, а въ связи съ которыми ея появленіе становится понятнымъ и естественнымъ.

Во-первыхъ, тогда сдѣлались несомнѣнными величины атомныхъ вѣсовъ, чего лѣтъ за десять предъ тѣмъ вовсе не было, какъ видимъ, потому что въ 1860 году собирался съѣздъ химиковъ всѣхъ странъ въ Карлсруэ именно для того, чтобы достичь какого-либо соглашенія въ отношеніи если не идей, касающихся атомовъ, то по крайней мѣрѣ ихъ условнаго означенія. Многіе изъ присутствующихъ вѣроятно помнятъ, сколь напрасно было желаніе достичь конкордата и сколько почвы выиграли на этомъ съѣздѣ послѣдователи унитарнаго ученія, блестящимъ представителемъ которыхъ явился Канницаро. Я живо помню впечатлѣніе его рѣчей, въ которыхъ не было компромиссовъ, но слышалась сама истина, взявшая за исходъ понятія Авогадро, Жерара и Реньо, тогда еще далеко не всѣми признававшіяся. И хотя конкордатъ не удался, но цѣль съѣзда была достигнута, потому что не прошло нѣсколькихъ лѣтъ, какъ идеи Канницаро оказались единственными, могущими выдерживать критику и дать понятіе объ атомахъ, какъ

*

«наименьшемъ количествѣ элементовъ, входящихъ въ частицы ихъ соединеній». Только такіе истинные, а не какіе-либо условные, атомные вѣса могли подлежать обобщенію. Достаточно для примѣра указать на то, что нынѣ ясно и прямо видно отношеніе:

K = 39 Rb = 85 Cs = 133
Ca = 40 Sr = 87 Ba = 137

А если сравнивать эквиваленты, бывшіе до тѣхъ поръ въ ходу:

K = 39 Rb = 85 Cs = 133
Ca = 20 Sr = 43,5 Ba = 68,5,

то вовсе исчезаетъ та послѣдовательность въ измѣненіи атомнаго вѣса, которая съ истинными атомными вѣсами столь очевидна.

Во-вторыхъ, въ 60-хъ годахъ, даже въ 50-хъ, уже было совершенно очевидно, что между атомными вѣсами сходственныхъ элементовъ существуетъ нѣкоторое общее простое отношеніе. Гладстонъ, Гмелинъ, Кремерсъ, Кукъ, Ленссенъ, Петтенкоферъ, а особенно Дюма выставили много для этого фактовъ. Такъ Дюма сравниваетъ съ органическими радикалами группы аналоговъ:

		Разность.			Разность.			Разность.			Разность.
Li	7		Mg	12		P	31		O	8	
		16			8			44			8
Na	23		Ca	20		As	75		S	16	
		16			3.8			44			3.8
K	39		Sr	44		Sb	119		Se	40	
					3.8			2.44			3.8
			Ba	68		Bi	207		Te	64	

и выставляетъ отношенія иногда поразительныя, напр. для:

F = 19
Cl = 35,5 = 19 + 16,5
Br = 80 = 19 + 2.16,5 + 28
J = 127 = 2.19 + 2.16,5 + 2.28

Штреккеръ (A. Strecker) въ своей книгѣ «Theorien und Experimente zur Bestimmung der Atomgewichte der Elemente (1859, Braunschweig), дѣлая сводъ данныхъ, относящихся къ этому предмету и выставивъ примѣчательный рядъ эквивалентовъ:

Cr=26,2; Mn=27,6; Fe=28; Ni=29; Co=30; Cu=31,7; Zn=32,5, ясно видитъ, что «Es ist wohl kaum anzunehmen, dass alle im Vorhergehenden hervorgehobenen Beziehungen zwischen den Atomgewichten (oder Aequivalenten) in chemischen Verhältnissen einander ähnlichen Elemente bloss zufällig sind. Die Auffindung der in diesen Zahlen durchblickenden gesetzlichen Beziehungen müssen

wir jedoch der Zukunft überlassen» [1]). Въ подобныхъ сопоставленіяхъ и мнѣніяхъ видны дѣйствительные задатки и вызовъ періодической законности; она имѣла подъ собою къ 60-мъ годамъ подготовленную почву и если высказана съ опредѣленностію лишь къ концу 60-хъ годовъ, то этому причину, по моему мнѣнію, должно искать въ томъ, что сравненію подвергали только элементы, сходственные между собою. Однако мысль сличить всѣ элементы по величинѣ ихъ атомнаго вѣса до того была чужда общему сознанію, что ни «vis tellurique» De Chancourtois, ни «Law of Octaves», Newlands не могли обратить на себя чьего либо вниманія, хотя у нихъ обоихъ, какъ у Дюма и Штреккера, видно еще больше чѣмъ у Петтенкофера и Ленссена приближеніе къ періодическому закону и даже его зародышъ. Задача мало двигалась при этихъ новыхъ попыткахъ къ своему рѣшенію, потому что, фактъ и въ нихъ все-же стоялъ впереди, и законъ не могъ привлекать вниманія, когда въ одну «октаву» безъ всякой видимой связи ставились такіе элементы, какъ:

1-я «октава» Newlands: H, F, Cl, Co и Ni, Br, Pd, J, Pt и Ir
7-я » » O, S, Fe, Se, Rh и Ru, Te, Au, Os или Th.

Сближенія такого рода казались случайными, тѣмъ болѣе, что въ «октавѣ» оказывалось иногда не по 8, а 10 элементовъ и когда Ba и V также ставились на одно мѣсто, какъ Co и Ni или Rh и Ru [2]). Плодъ однако зрѣлъ, и я вижу нынѣ ясно, что Штреккеръ, де Шанкуртоа и Ньюландсъ стояли впереди всѣхъ на дорогѣ къ періодическому закону и имъ недоставало только рѣшимости поставить дѣло на подобающую ему высоту, съ которой видны рефлексы закона на факты.

Третье обстоятельство, вызвавшее періодическую законность химическихъ элементовъ, состояло въ накопленіи къ концу 60-хъ годовъ такихъ новыхъ свѣдѣній о рѣдкихъ элементахъ, которыя открыли ихъ разностороннія связи между собою и съ другими элементами. Особенно важное значеніе имѣли изслѣдованія Мариньяка надъ ніобіемъ и Сэра Генри Роско надъ ванадіемъ. По-

[1]) «Вышевыставленныя отношенія между атомными вѣсами (или эквивалентами) химически сходственныхъ элементовъ, конечно, едва ли могутъ быть приписаны случайности. Но нынѣ мы должны предоставить будущему отысканіе законности, проглядывающей между указанными числами».

[2]) Судя по книгѣ: I. A. R. Newlands «On the discovery of the Periodic Law» (1884, London), pag. 14: On the Law of Octaves (from the «Chemical News» Vol. XII pag. 83, Aug. 18. 1865).

разительная степень сходства съ одной стороны ванадія съ фосфоромъ, а съ другой ванадія съ хромомъ, которая такъ вырисовалась въ изслѣдованіи этого элемента, заставляла невольно сопоставить: V = 51 съ Cr = 52, Nb = 94 съ Mo = 96 и Ta = 182 съ W = 184, а въ то же время P = 31 съ S = 32, As = 75 съ Se = 79 и Sb = 120 съ Te = 125. Отъ такого сближенія уже одинъ шагъ до періодической законности.

Такимъ образомъ періодическая законность прямо вытекла изъ запаса обобщеній и провѣренныхъ свѣдѣній, существовавшихъ къ концу 60-хъ годовъ, она есть ихъ сводъ въ одно болѣе или менѣе систематическое, цѣльное выраженіе. Въ чемъ-же секретъ того особаго значенія, которое періодическая законность пріобрѣла съ тѣхъ поръ и которое заставляетъ смотрѣть на нее, какъ на обобщеніе, уже давшее кое-что совершенно неожиданное въ химіи, обѣщающее дать еще многое впереди и кладущее на многія стороны химическихъ изслѣдованій особый, оригинальный отпечатокъ? Попыткѣ отвѣтить на этотъ вопросъ посвящается остальная часть моего сообщенія.

На первомъ планѣ здѣсь стоитъ то обстоятельство, что лишь явившись на свѣтъ, законъ этотъ потребовалъ измѣнить многое изъ того, что химики привыкли считать фактически вѣрнымъ и опредѣляемымъ всѣмъ запасомъ существующихъ свѣдѣній. Къ краткому изложенію этого я обращусь далѣе, а теперь замѣчу только, что потребовавъ уступки отъ фактовъ, періодическій законъ сразу заявилъ себя съ той стороны, которая легко могла его сломить въ самомъ зародышѣ. Первыя требованія имъ заявленныя въ протекшія 20 лѣтъ удовлетворились почти сполна, факты уступили закону, показавъ, что онъ самъ есть вѣрное отвлеченіе отъ провѣренныхъ фактовъ. Но наши отвлеченія отъ фактовъ нерѣдко относятся къ такимъ частностямъ нашей богатой фактами науки, что только тѣ обобщенія, которыя обнимаютъ обширный и важный кругъ явленій, могутъ привлекать общее вниманіе. Какихъ сторонъ коснулся періодическій законъ — это мы теперь и разсмотримъ.

Важнѣе всего отмѣтить здѣсь то обстоятельство, что періодическія функціи давно извѣстны и очевидны для выраженія зависимостей многихъ явленій отъ перемѣны времени и мѣста, они стали привычны уму, когда дѣло идетъ о замкнутыхъ формахъ движеній или о всякихъ уклоненіяхъ отъ устойчиваго положенія, подобныхъ колебаніямъ маятника. Такая-то періодическая

функція для элементовъ оказалась явною въ зависимости отъ массы или вѣса атомовъ. Первичное понятіе о массѣ вещества вообще, или въ частности о массѣ атомовъ принадлежитъ къ числу категорій, которыхъ дисциплина наукъ, до поры до времени, не допускаетъ трогать, такъ какъ ничто по нынѣ не даетъ намъ способовъ разчленить, анализировать это понятіе. Все-же что было извѣстно въ отношеніи къ функціональной зависимости отъ массъ, ведя свое начало отъ Галилея и Ньютона, показывало что, по мѣрѣ возрастанія массы, перемѣнныя функціи падаютъ или растутъ, какъ притяженіе небесныхъ свѣтилъ. Всегда выраженіе явленій оказывалось пропорціональнымъ массѣ и не было ни разу, чтобы съ возрастаніемъ массы начиналось, чрезъ нѣкоторый періодъ, повтореніе свойствъ, какъ оказалось въ періодической законности для химическихъ элементовъ. Это составило такую новость въ изученіи явленій природы, которая хотя не тронула завѣсы, скрывающей отъ насъ истинное понятіе о массахъ, но указала на то, что разрѣшенія понятія о массахъ вообще должно искать въ массахъ атомовъ, тѣмъ болѣе, что всякія массы суть ничто иное какъ суммы или сложенія тѣхъ химическихъ атомовъ, которые лучше было-бы называть химическими индивидуумами. Замѣчу кстати, что хотя греческое слово атомъ въ латинскомъ переводѣ значитъ тоже, что *индивидуумъ*, но обычай и исторія явно и рѣзко ихъ отличили другъ отъ друга, и современныя химическія понятія объ атомахъ ближе подходятъ въ латинскому термину, чѣмъ къ греческому, хотя нынѣ въ немъ есть свой особый смыслъ, неизвѣстный классикамъ. Періодическій законъ уловилъ способность нашихъ химическихъ индивидуумовъ производить гармоническую—въ зависимости отъ массъ—повторяемость свойствъ. Другія повторяемости подобнаго рода, подмѣчаемыя въ природѣ, естествознаніе давно привыкло точно выражать и схватывать въ тискахъ математическаго анализа для обработки терпугомъ опыта. И эти орудія знанія давно-бы осилили представившуюся въ химическихъ элементахъ задачу, если бы періодическая законность не выставила еще новаго обстоятельства, кладущаго на періодическую функцію элементовъ особый, самобытный отпечатокъ.

Откладывая на оси абсциссъ величины пропорціональныя угламъ и возстановляя ординаты пропорціональныя синусамъ или другимъ тригонометрическимъ функціямъ, получаютъ періодическія кривыя гармоническаго характера. И на первый разъ кажется, что съ возрастаніемъ атомнаго вѣса функціи свойствъ элемен-

товъ измѣняются подобнымъ-же, гармоническимъ образомъ. Но здѣсь вовсе нѣтъ той сплошности или непрерывной послѣдовательности, какія выражаются въ подобныхъ кривыхъ, такъ какъ въ періодѣ содержится не все безконечное множество точекъ, линію образующихъ, а только нѣкоторое конечное число. Въ примѣрѣ это, надѣюсь, станетъ очевиднымъ. Атомные вѣса: Ag=108; Cd=112; In=113; Sn=118; Sb=120; Te=125; J=127, измѣняются послѣдовательно и вмѣстѣ съ тѣмъ послѣдовательно измѣняется много свойствъ, что и составляетъ сущность періодической законности. Такъ напримѣръ, удѣльный вѣсъ написанныхъ простыхъ тѣлъ постепенно убываетъ:

10,5 8,6 7,4 7,2 6,7 6,4 4,9;

высшіе солеобразные окислы, ими образуемые, возрастаютъ:

Ag^2O Cd^2O^2 In^2O^3 Sn^2O^4 Sb^2O^5 Te^2O^6 J^2O^7.

Но соединять вершины ординатъ, выражающихъ одно изъ такихъ свойствъ, сплошною кривою значило-бы отрицать Дальтоновъ законъ кратныхъ отношеній. Между серебромъ, дающимъ AgCl, и кадміемъ, образующимъ $CdCl^2$, не только нѣтъ промежуточныхъ элементовъ, но по смыслу періодической законности и быть не можетъ, такъ что сплошная кривая извратила-бы смыслъ дѣла, заставляя ждать во всѣхъ точкахъ кривой реальныхъ элементовъ и имъ отвѣчающихъ свойствъ. Періоды элементовъ носятъ такимъ образомъ иной характеръ, чѣмъ привычные періоды, геометрами столь просто выражаемые. Это точки, числа, это скачки массы, а не ея непрерывныя эволюціи. Въ этихъ скачкахъ, безъ всякихъ переходныхъ ступеней и положеній, въ этомъ отсутствіи какихъ-либо переходовъ между серебромъ и кадміемъ, или напримѣръ, между алюминіемъ и кремніемъ должно видѣть такую задачу, что прямое приложеніе анализа безконечно малыхъ здѣсь непригодно. Поэтому тригонометрическія функціи, предложенныя Ридбергомъ и Флавицкимъ, или качанія маятника, по Круксу, или кубическія кривыя Рев. Гугтона, прилагавшіяся для выраженія періодическаго закона, не могутъ выразить, по существу дѣла, періодовъ химическихъ элементовъ. И если геометрическій анализъ коснется этого предмета, онъ долженъ будетъ пріобрѣсть здѣсь особое видоизмѣненіе. Здѣсь особымъ способомъ должны выступить не только большіе періоды, подобные періоду:

K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br,

но и малые подобные:

Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl.

Только въ «теоріи чиселъ» есть задачи, напоминающія здѣсь предстоящую. Двѣ изъ попытокъ алгебраически выразить атомные вѣса элементовъ кажутся достойными вниманія, хотя обѣ нельзя считать ни законченными, ни обѣщающими окончательно выяснить задачу періодическаго закона. Попытка Милльса (E. I. Mills, 1886) даже и не стремится къ этому. Авторъ считаетъ, что всѣ атомные вѣса элементовъ выражаются показательною функціею:

$$15(n - 0{,}9375^{t}),$$

гдѣ n и t измѣняются какъ цѣлыя числа, напр. для кислорода $n = 2$, $t = 1$, откуда атомный его вѣсъ = 15,44; для Cl, Br и J величина $n = 3$, 6 и 9, а значеніе $t = 7$, 6 и 9; для K, Rb и Cs величины $n = 3$, 6 и 9, а значенія $t = 14$, 18 и 20. Другая попытка, принадлежащая Б. Н. Чичерину (1888), ставитъ задачу періодическаго закона на первый планъ, но до сихъ поръ коснулась ближе только щелочныхъ металловъ. Чичеринъ прежде всего замѣтилъ простое отношеніе между объемами атомовъ всѣхъ щелочныхъ металловъ. Эти объемы сообразно съ его выводомъ можно принять равными:

$$A(2 - 0{,}00535An),$$

гдѣ A есть вѣсъ атома и гдѣ $n = 8$ для Li и Na, для K = 4, для Rb = 3, для Cs = 2. Если бы n оставалось при возрастаніи A равнымъ 8, то при $A = 46^2/_3$ объемъ бы вышелъ = 0, а при $A = 23^1/_3$ достигался бы наибольшій объемъ. Близость числа $46^2/_3$ къ той разности, которая встрѣчается между атомными вѣсами аналоговъ (напр. Cs — Rb, J — Br и т. п.), близость числа $23^1/_3$ къ атомному вѣсу натрія, необходимость цѣлыхъ чиселъ для n и многія иныя стороны дѣла склоняютъ Б. Н. Чичерина видѣть въ подмѣченныхъ имъ отношеніяхъ ключъ къ пониманію природы элементовъ, для сужденія о чемъ должно ждать его полной системы. Нынѣ же можно сказать съ увѣренностью лишь то, что попытки, подобныя двумъ упомянутымъ, должны повториться и умножаться, потому что періодическій законъ явно показалъ, что масса атомовъ растетъ не непрерывно, а скачками, явно или прямо связанными съ тѣми скачками, которые Дальтонъ открылъ закономъ кратныхъ отношеній, ибо періоды элементовъ выражены переходомъ отъ RX къ RX^2, RX^3, RX^4, и такъ далѣе до RX^8, гдѣ

истощается энергія связующихъ силъ и откуда опять начинается вновь RX, RX^2 и т. д.

Связавъ понятіе о химическихъ элементахъ новыми узами съ Дальтоновымъ ученіемъ о кратномъ или атомномъ составѣ тѣлъ, періодическій законъ открылъ для естественной философіи новую область мышленія. Канту казалось, что въ мірѣ есть «два предмета, постоянно вызывающихъ людское удивленіе и благоговѣніе: нравственный законъ внутри насъ и звѣздное небо надъ нами». Вдумываясь въ природу элементовъ и въ періодическій законъ, слѣдуетъ сюда присовокупить третій предметъ: «природу элементарныхъ индивидуумовъ — рядомъ съ нами всюду выраженную», такъ какъ безъ нихъ не мыслимо само звѣздное небо и такъ какъ въ атомахъ единовременно открывается и своеобразность индивидуальностей, и безпредѣльная повторяемость особей, и подчиненность кажущагося произвола индивидуумовъ общему гармоническому порядку природы.

Указавъ новую тайну природы, еще не поддающуюся раціональной концепціи, періодическій законъ, вмѣстѣ съ данными спектроскопіи, послужилъ къ возбужденію вновь очень старой и замѣчательно живучей надежды, если не въ опытѣ, то хотя бы умозрѣніемъ, достичь до единой первичной матеріи, которая родилась въ воображеніи греческихъ философовъ и перешла со многими идеями классической эпохи въ умы наслѣдниковъ ихъ цивилизаціи. Развившись во времена алхимиковъ до требованія опытной провѣрки, эта идея сослужила не малую службу, побуждая дѣлать точныя наблюденія и опыты, легшіе въ основу того запаса данныхъ, который вызвалъ Шеле, Лавуазье, Пристлея и Кавендиша. Временно уснувъ, таже мысль о первичной матеріи пробудилась вновь подъ вліяніемъ попытки оправдать или опровергнуть мысль Проута (Prout) о кратности величины атомныхъ вѣсовъ всѣхъ элементовъ. И опять индуктивный или экспериментальный методъ изученія природы извлекъ прямую пользу изъ идеи пиѳагорейцевъ, потому что въ результатѣ получились величины атомныхъ вѣсовъ элементовъ съ точностью, до тѣхъ поръ не существовавшею. Опытной провѣрки идея и на сей разъ не выдержала. Но предразсудокъ не сломленъ даже Стасомъ; онъ даже усилился, какъ видимъ изъ того, что всѣмъ — недостаточно выработаннымъ, новымъ и неуясненнымъ, отъ неизученныхъ рѣдкихъ металловъ до едва видимыхъ туманностей неба, стали пользоваться для оправданія идеи. Является ли спектральный анализъ, какъ новое сильное орудіе химіи, тотчасъ къ нему прививаютъ идею первичной матеріи. Такъ, въ воображаемомъ геліѣ [1]), стремятся со всѣхъ сторонъ отыскать столь давно желанную первичную матерію, не смущаясь ни тѣмъ, что линія гелія видна только въ изверженіяхъ солнца, такъ что общее распространеніе гелія въ природѣ столь же проблематично, какъ и первичная матерія, ни тѣмъ, что линія гелія не видна въ числѣ фраунгоферовыхъ линій солнечнаго спектра, а потому она не подходитъ къ исходной блестящей концепціи, которою силенъ спектральный анализъ, ни тѣмъ наконецъ, что опытъ ясно показываетъ измѣнчивость напряженности свѣта спектральныхъ линій простыхъ тѣлъ при различіи температуръ и давленій; а потому можно думать, что линія гелія принадлежитъ одному изъ давно извѣстныхъ простыхъ тѣлъ, поставленному въ неизвѣстное для нашихъ опытовъ состояніе температуры, давленія и напряженія тяжести. Мысль о томъ, что изъ прекрасныхъ наблюденій Локьера надъ спектральными линіями желѣза въ солнечной атмосферѣ можно выводить доказательство о сложности этого элемента, основывается очевидно на нѣкоторомъ недоразумѣніи, потому что спектръ сложнаго тѣла, несомнѣнно, не равенъ суммѣ спектровъ компонентовъ, а потому наблюденія Локьера именно могутъ служить доказательствомъ въ пользу того, что желѣзо въ температурѣ солнца не претерпѣваетъ другихъ измѣненій кромѣ тѣхъ, которымъ оно подвергается въ вольтовой дугѣ, если спектръ желѣза сохраняется. Смѣщеніе же одной части линій желѣзнаго спектра, при отсутствіи смѣщенія другихъ линій, объясняется, какъ показалъ г. Клейберъ [2]), на основаніи относительнаго движенія различныхъ слоевъ солнечной атмосферы и Цельнеровыхъ законовъ относительной яркости различныхъ спектральныхъ линій. Притомъ не должно забывать, что доказательство разложенія желѣза на два или нѣсколько неизвѣстныхъ элементовъ, должно увеличить число нынѣ извѣстныхъ элементовъ, а не сократить, даже до единой первичной матеріи.

Чувствуя недостаточность спектроскопіи для подтвержденія пиѳагорейской идеи, современные ея послѣдователи стали до того увѣрять въ оправданіи ея періодическою законностію, что столь знаменитый Бертело въ своей интересной книгѣ «Les origines de

[1]) Т. е. въ веществѣ, длина волны спектра котораго = 0,0005875 миллим.
[2]) Жур. Русс. Физ.-Химическаго Общ. 1885, 147.

l'Alchimie» (par M. Berthelot. 1885, pag. 313) прямо перемѣшалъ [1]) основную мысль періодической законности съ мыслью Проута, алхимиковъ и Демокрита—объ единомъ первичномъ веществѣ. Такъ какъ періодическій законъ, опираясь на твердую и здоровую почву опытныхъ изслѣдованій, создался совершенно помимо какого-либо представленія о природѣ элементовъ, не вытекаетъ вовсе изъ понятія объ единствѣ ихъ матеріи, исторически съ этимъ остаткомъ классическихъ мученій мысли вовсе не связанъ, то въ періодическомъ законѣ столь же мало видно указаній на единую матерію и на сложность нашихъ элементарныхъ тѣлъ, какъ и въ законностяхъ Авогардо-Жерара, или хотя бы въ законѣ теплоемкости, даже въ выводахъ самой спектроскопіи. Ихъ никто изъ адептовъ единой матеріи не постарался объяснить на основаніи мысли, взятой изъ той глубокой древности, когда находили удобнымъ признавать много боговъ, но единую матерію.

Вникая въ происхожденіе идеи объ единой первичной матеріи, легко видѣть, что—за отсутствіемъ индукціи изъ опыта—она ведетъ свое начало отъ научно-философскаго стремленія къ отысканію единства въ представляющемся всюду многообразіи индивидуальностей. Стремленіе это во времена классическія могло находить себѣ удовлетвореніе только въ представленіяхъ о мірѣ нематеріальномъ, по отношенію же къ вещественному міру пришлось прибѣгнуть къ гипотезѣ и въ ней предположительно признали единство матеріала, не будучи въ силахъ создать представленіе о возможности какого либо другаго вида единства, связывающаго отношенія вещества. Удовлетворяя тому же законному научному стремленію, естествознаніе нашло всюду въ мірѣ единство плана, единство силъ и единство вещества, и убѣдительные доводы науки нашего времени заставляютъ каждаго увѣриться въ этихъ видахъ единства. Признавая единство во многомъ, необходимо однако произвести индивидуальность и видимое множество, всюду проявляющіяся. Давно сказано: дайте точку опоры—и землю легко сдвинуть. Такъ должно сказать: дайте что либо индивидуализированное—и станетъ легко понять возможность видимаго многообразія. Иначе—единое какъ-же дастъ множество? Естествознаніе нашло, послѣ великаго труда изслѣдованій, индивидуальность химическихъ элементовъ и

[1]) Такъ напр. (l. c. на стр. 309) онъ полагаетъ, что періодическая законность требуетъ между S и Se двухъ новыхъ аналоговъ, съ атомными вѣсами 48 и 64, хотя ничего подобнаго вовсе не вытекаетъ ни изъ какого варіанта, выражающаго періодическую законность.

потому оно можетъ нынѣ не только анализировать, но и синтезировать, понимать и охватывать какъ общее, единое, такъ и индивидуальное, множественное. Единое и общее, какъ время и пространство, какъ сила и движеніе измѣняется послѣдовательно, допускаетъ интерполяцію, являя всѣ промежуточныя фазы. Множественное, индивидуальное, какъ мы сами, какъ простыя тѣла химіи, какъ члены своеобразной періодической функціи элементовъ, какъ дальтоновскія кратныя отношенія—характеризуется другимъ способомъ: въ немъ вездѣ видны—при связующемъ общемъ—свои скачки, разрывы сплошности, точки, исчезающія отъ анализа безконечно малыхъ, отсутствіе промежутковъ. Химія нашла отвѣты на вопросы о причинѣ множества и она, держась понятія о многихъ элементахъ, подчиненныхъ дисциплинѣ общаго закона, указываетъ выходъ изъ индійскаго исчезанія во всеобщемъ, даетъ свое мѣсто индивидуальному. Это мѣсто индивидуальности притомъ столь ограничено охватывающимъ, всесильнымъ—всеобщимъ, что составляетъ не болѣе какъ точку опоры для того, чтобы понять множество въ единствѣ.

Коснувшись метафизическихъ основъ мысли объ единой матеріи всѣхъ тѣлъ, я считаю необходимымъ остановиться также и на другой родственной съ предшествующею мыслію — о сложности простыхъ тѣлъ, принимаемыхъ химіею, а именно на одномъ особомъ обстоятельствѣ, которое, касаясь періодическаго закона, принимается иногда за подтвержденіе указанной мысли.

Въ 1883 г. докторъ Пелопидасъ сообщилъ Русскому Физико-химическому Обществу о періодичности углеводородныхъ радикаловъ или о примѣчательномъ параллелизмѣ, замѣченномъ имъ между измѣненіями свойствъ углеводородныхъ остатковъ и элементовъ, расположенныхъ по группамъ. Подобный же параллелизмъ проф. Карнелли развивалъ въ 1886 году. Мысль г. Пелопидаса станетъ ясною, если напишемъ напр. рядъ углеводородныхъ радикаловъ, содержащихъ 6 атомовъ углерода:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
C^6H^{13},	C^6H^{12},	C^6H^{11},	C^6H^{10},	C^6H^9,	C^6H^8,	C^6H^7,	C^6H^6.

Первый радикалъ, какъ элементы I группы, соединяется съ Cl, OH и т. п. образуя производныя предѣльнаго гексиловаго спирта $C^6H^{13}(OH)$; съ потерею водорода растетъ способность соединенія напр. съ галоидами: C^6H^{12} соединяется уже съ двумя атомами хлора, C^6H^{11} съ тремя и т. д. Въ послѣднихъ группахъ содержатся

радикалы кислотъ, напр. C^6H^8 изъ VI группы, какъ сѣра, даетъ двуосновную кислоту $C^6H^8O^2(OH)^2$, гомологическую щавелевой. Параллелизмъ идетъ далѣе, потому что C^6H^5 есть опять одноатомный остатокъ—бензола и съ него начинается новый рядъ ароматическихъ производныхъ, столь аналогическихъ жирнымъ. Приведу еще одинъ подобный же примѣръ изъ тѣхъ, которые выставилъ г. Пелопидасъ. Исходя изъ щелочнаго радикала монометиламмонія $N(CH^3)H^3$ или NCH^6, который представляетъ много подобія со щелочными металлами I-й группы, чрезъ потерю водорода, въ VII группѣ доходимъ до CN или до синерода, столь давно уподобленнаго галоидамъ, образующимъ VII группу. Важнѣйшій выводъ, который, по моему мнѣнію, слѣдуетъ сдѣлать изъ такого сличенія состоитъ въ томъ, что періодическая законность, столь явная для элементовъ, имѣетъ болѣе широкое приложеніе, чѣмъ кажется при первомъ съ нею знакомствѣ, что она открываетъ новые горизонты зрѣнія на химическія эволюціи. Но допустивъ полнѣйшій параллелизмъ между періодичностью элементовъ и сложныхъ радикаловъ, должно ясно видѣть, что въ періодахъ углеводородныхъ радикаловъ существуетъ у б ы л ь массы, при переходѣ отъ представителей I группы къ послѣдующимъ, тогда какъ въ періодахъ элементовъ при такомъ переходѣ совершается п р и б ы л ь массы. Отождествленіе періодичности въ обоихъ случаяхъ очевидно не возможно безъ забвенія понятій о массахъ и тяготѣніи которыя составляютъ краеугольные камни всего развитія естествознанія и даже самаго понятія о простыхъ тѣлахъ, явившагося лишь спустя цѣлое столѣтіе [1]) послѣ безсмертныхъ началъ Ньютона.

Изъ всего сказаннаго, равно какъ изъ тщетности или несостоятельности множества попытокъ найти опытныя и умозрительныя доказательства мысли о сложности элементовъ и о первичной матеріи, по моему мнѣнію, очевиденъ тотъ выводъ, что эта мысль должна быть нынѣ отнесена къ числу утопическихъ. Противу утопій могутъ бороться только свобода мнѣній, опытъ и новыя утопіи. Въ республикѣ научныхъ доктринъ свобода мнѣній обезпечена, это она даетъ мнѣ возможность говорить противу столь широко

[1]) Примѣчательно, что годъ рожденія (1743) Лавуазье, какъ творца понятій о простыхъ тѣлахъ и вѣчности вещества, отличается ровно на цѣлое столѣтіе отъ года рожденія (1643) Ньютона, какъ творца понятій о тяготѣніи и массахъ. Преемственная же связь идей Лавуазье съ ньютоновымъ ученіемъ не можетъ подлежать сомнѣнію.

разлитаго ученія объ единой матеріи простыхъ тѣлъ. А опытовъ, попытокъ въ пользу этой идеи являлось такъ много, что было-бы особо поучительно собрать ихъ во-едино, чтобы по крайней мѣрѣ предостеречь повтореніе старыхъ неудачъ. Что же касается до новыхъ утопій, могущихъ помогать въ борьбѣ съ давно знакомыми, то я считаю не безполезнымъ сообщить фантазію одного изъ моихъ слушателей, которому казалось, что вѣсъ веществъ зависитъ вовсе не отъ массы матеріи, а отъ свойствъ движенія, въ которомъ находятся его атомы. Атомы, по мнѣнію новаго утописта, по существу могутъ быть или одинаковы, или различны — этого мы не знаемъ, а знаемъ мы только ихъ въ движеніи, при нихъ столь же прочно сохраняющемся, какъ сохраняется движеніе небесныхъ свѣтилъ. Вѣсъ атомовъ различается только по роду и количеству движенія имъ свойственнаго. Тяжелѣйшій атомъ быть можетъ проще легкаго, атомы ртути быть можетъ проще водорода, только родъ ихъ движенія дѣлаетъ ихъ тяжелѣйшими. Мой собесѣдникъ даже хотѣлъ видѣть доказательство того, что не тяжелые сложнѣе, а легкіе элементы сложнѣе тяжелѣйшихъ въ томъ, что углеводородные радикалы, какъ показалъ г. Пелопидасъ, убавляя свой вѣсъ потерею водорода, измѣняются періодически точно также, какъ простые элементы при возрастаніи вѣса ихъ атомовъ.

Французская пословица «la critique est aisée, l'art est difficile» по отношенію къ утопіямъ всякаго рода, очевидно должна быть измѣнена, потому что составлять ихъ много легче, чѣмъ критиковать. Возникнувъ на свѣжей фактической почвѣ, ученія объ элементахъ, объ ихъ массахъ и о періодической измѣняемости ихъ свойствъ даютъ поводъ къ зарожденію утопическихъ гипотезъ, вѣроятно, потому прежде всего, что они не могли быть предвидѣны ни однимъ изъ варіантовъ метафизирующей мысли и составляютъ подобно понятію о тяготѣніи независимый результатъ естествознанія, требующій признанія обобщеній, если они провѣрены съ такой же степенью настойчивости, съ какой необходимо признавать и провѣренный фактъ. Прошло два столѣтія съ возрожденія понятій о тяготѣніи и мы, понынѣ не понимая его причины, должны считать его основнымъ въ естественной философіи, въ той увѣренности, что оно дало возможность видѣть гораздо больше, чѣмъ могли и могутъ видѣть метафизики съ ихъ кажущимся все-пониманіемъ. Чрезъ столѣтіе послѣ того возникло понятіе объ элементахъ, оно родило химію въ ея современномъ состояніи

и все же мы со временъ Лавуазье и Дальтона немного подвинулись въ пониманіи простыхъ тѣлъ, какъ не подвинулись въ пониманіи тяготѣнія. Всего лѣтъ двадцать возникло періодическое ученіе объ элементахъ; немудрено, что не зная ничего ни о причинахъ тяготѣнія и массъ, ни о природѣ элементовъ, мы не понимаемъ причины періодическаго закона. Лишь накопляя испытанные законы, то есть служа добычѣ истины, мы можемъ надѣяться мало по малу приподнять завѣсу, скрывающую отъ насъ причины тайнъ природы, то есть раскрыть взаимную ихъ связь. Какъ телескопъ и микроскопъ, тѣ тайны составляютъ орудія и способы расширить кругозоръ умственнаго зрѣнія. По отношенію къ періодическому закону, такое расширеніе области видимаго я постараюсь показать въ возможно сжатой формѣ въ остальной части моего сообщенія.

До періодическаго закона простыя тѣла представляли лишь отрывочныя, случайныя явленія природы; не было поводовъ ждать какихъ-либо новыхъ, а вновь находимые въ своихъ свойствахъ были полной неожиданной новинкой. Періодическая законность первая дала возможность видѣть неоткрытые еще элементы въ такой дали, до которой невооруженное этою законностію химическое зрѣніе до тѣхъ поръ не достигало и при этомъ новые элементы, ранѣе ихъ открытія, рисовались съ цѣлою массою свойствъ. Мы знаемъ теперь уже три несомнѣнныхъ примѣра періодическимъ закономъ предъугаданныхъ простыхъ тѣлъ, которыхъ свойства вполнѣ подтвердили ожидаемыя. Мнѣ нѣтъ надобности говорить о всѣмъ извѣстномъ блескѣ открытій, сдѣланныхъ въ этомъ отношеніи Лекокъ-де-Буабодраномъ, получившимъ галлій, отвѣчающій экаалюминію періодической системы, Нильсономъ — скандія равнаго экабору, Винклеромъ — германія, отвѣтившаго въ точности экасилицію, ожидавшемуся періодическою системою. Когда въ 1871 г. я описывалъ въ Русскомъ Химическомъ Обществѣ тѣ свойства, которымъ должны будутъ удовлетворить эти элементы, ясно видимые періодическимъ закономъ, то не думалъ, что доживу до возможности ссылаться на нихъ передъ Британскимъ Химическимъ Обществомъ, какъ на реальныя доказательства правильности и общности періодическаго закона. Нынѣ, когда такое счастіе выпало на мою долю, я смѣло говорю, что періодическій законъ, расширивъ горизонтъ зрѣнія, какъ инструментъ требуетъ дальнѣйшихъ улучшеній, для того, чтобы ясность видѣ-

нія еще дальнѣйшихъ новыхъ элементовъ была достаточна для полной увѣренности [1]).

Позволю себѣ перечислить затѣмъ нѣкоторые другіе предметы, которые химія увидала при помощи новаго своего инструмента и какихъ не могла видѣть безъ періодической законности. Ограничусь при этомъ только простыми тѣлами и окислами.

Вѣса атомовъ элементовъ, до періодическаго закона, представляли числа чисто эмпирическаго свойства до того, что величина эквивалента и атомность или число эквивалентовъ, образующихъ атомъ, могли подлежать критикѣ лишь по методамъ ихъ опредѣленія, а не по ихъ величинѣ, то есть въ этой области приходилось идти ощупью, покоряться факту, а не обладать имъ, хотя весь строй химическихъ знаній, со времени Дальтона, былъ подчиненъ выводамъ отсюда выносимымъ. Не стану повторять пріемовъ, при помощи которыхъ періодическій законъ овладѣлъ фактами этого рода и прямо напомню, что для индія и церія онъ заставилъ измѣнить ихъ атомность и придать ихъ соединеніямъ иной частичный составъ, чѣмъ принятый до тѣхъ поръ, что подтвердилось опредѣленіемъ теплоемкости этихъ металловъ. Трехатомность иттрія, т. е. формула его окиси Y^2O^3, вмѣсто прежней YO, также указанная (1870 г.) періодическимъ закономъ, стала приэтомъ столь вѣроятною, что проф. Клеве, а затѣмъ и всѣ другіе изслѣдователи рѣдкихъ металловъ, нетолько приняли ее, но и перенесли, безъ особыхъ новыхъ основаній, на всѣ столь еще мало изученные церитовые и гадолинитовые металлы, особенно послѣ того какъ

[1]) Мнѣ видится напр. нѣсколько изъ элементовъ еще неизвѣстныхъ, но уже не столь увѣренно, какъ прежде. Одинъ примѣръ я приведу, но и онъ видѣнъ смутно.

Въ ряду, содержащемъ Hg = 200, Tl = 204, Pb = 206 и Bi = 208 рисуется (на мѣстѣ VI—11) элементъ аналогическій съ теллуромъ, который назовемъ двителлуромъ Dt. У него видѣнъ атомный вѣсъ около 212 и способность образовать DtO^3. Въ свободномъ видѣ это простое тѣло должно быть, если въ дѣйствительности существуетъ, легкоплавкимъ, кристаллическимъ, трудно летучимъ металломъ сѣраго цвѣта, уд. вѣса около 9,3, способнымъ окисляться въ двуокись DtO^2, обладающую слабыми кислотными и столь-же слабыми основными свойствами. Эта двуокись должна при дѣятельномъ окисленіи образовать нестойкую высшую форму окисленія DtO^3, которая своими свойствами будетъ напоминать PbO^2, Bi^2O^5. Водородистый двителлуръ, если будетъ только происходить, то будетъ еще менѣе проченъ чѣмъ H^2Te, но все же его существованіе вѣроятно будетъ отражаться не только въ легкой возстановляемости двителлуристыхъ соединеній, но и въ способности металла давать характерные, опредѣленные сплавы съ другими металлами.

Гиллебрандъ опредѣлилъ теплоемкость лантана и дидима и подтвердилъ ею ожиданіе, вытекавшее изъ періодическаго закона. Но здѣсь, особенно въ области дидима, какъ теперь всѣ видятъ изъ массы изслѣдованій и какъ періодическій законъ давно предвидѣлъ, является рядъ трудностей, много зависящихъ отъ сравнительной рѣдкости и еще недостаточной разработки элементовъ, сопровождающихъ дидимъ. Относительная ясность, достигнутая въ этой области рѣдкихъ элементовъ для бериллія, скандія и торія, во многомъ соприкасается съ періодическимъ закономъ. Хотя Авдѣевъ для окиси бериллія давно предлагалъ признать магнезіальную формулу, но многое, даже теплоемкость и изоморфизмъ, такъ сильно говорило въ пользу глиноземной формулы этой окиси, что она была общепринятою и казалась твердо установленною. Но эту глиноземную формулу Be^2O^3 ясно отрицалъ періодическій законъ, требовавшій магнезіальной формулы BeO или признанія атомнаго вѣса $Be = 9$, потому что при атомномъ вѣсѣ $Be = 13,5$ металлъ этотъ не находилъ мѣста въ системѣ. Недоразумѣніе длилось нѣсколько лѣтъ. Не разъ мнѣ приходилось слышать о томъ, что вопросъ объ атомномъ вѣсѣ бериллія грозитъ поколебать общность періодическаго закона, можетъ потребовать глубокихъ въ немъ преобразованій. Въ научномъ разнорѣчіи, касающемся бериллія, приняли участіе многія силы, конечно, потому именно, что дѣло шло объ вещахъ болѣе многозначительныхъ, чѣмъ атомность сравнительно рѣдкаго элемента; періодическій законъ разъяснялся въ этихъ разнорѣчіяхъ и взаимная связь элементовъ разныхъ группъ стала болѣе очевидною, чѣмъ было когда-либо. Примѣчательно именно то, что въ этомъ дѣлѣ побѣду на сторону періодическаго закона склонили изслѣдованія тѣхъ самыхъ—проф. Нильсона и Петерсона, которые доставили ранѣе того массу фактовъ, какъ-бы говорившихъ въ пользу трехатомности бериллія. Аппелировавъ къ высшему закону (Авогадро—Жерара), дающему твердость атомнымъ вѣсамъ и атомностямъ, Нильсонъ и Петерсонъ показали, что плотность паровъ хлористаго бериллія $BeCl^2$ требуетъ считать его вмѣстѣ съ періодическимъ закономъ двуатомнымъ, а не трехатомнымъ [1]). Я считаю эту побѣду

[1]) Укажу здѣсь еще одно доказательство въ пользу двуатомности бериллія, свѣдѣніе о которомъ быть можетъ проскользнуло незамѣченнымъ, потому что относится къ русской научной литературѣ. Замѣтивъ (1884 г.), что для растворовъ хлористыхъ металловъ MCl^n содержащихъ 200 молекулъ воды (или вообще одинаковое и большое количество воды), плотность правильно

взгляда Авдѣева имѣющею для исторіи періодическаго закона не меньшее значеніе, чѣмъ открытіе скандія, столь ясно оправдавшаго, подъ руками Нильсона, періодическій экаборъ. Мало замѣченнымъ прошло то обстоятельство, что торій, какъ требовалъ Хиденіусъ и періодическій законъ, оказался дѣйствительно элементомъ 4-хъ-атомнымъ $Th = 232$, конечно, потому что между изслѣдователями рѣдкихъ элементовъ въ отношеніи къ торію нашлось мало противниковъ. А между тѣмъ торій и уранъ въ періодической системѣ очень важны, какъ крайніе члены, обладающіе высшимъ атомнымъ вѣсомъ между всѣми извѣстными элементами. Болѣе обратило на себя вниманіе измѣненіе атомнаго вѣса урана изъ $U = 120$ въ $U = 240$, потому что вызванное исключительно требованіями періодическаго закона, оно не вызывалось до тѣхъ поръ ничѣмъ другимъ. Нынѣ, послѣ того какъ Роско, Раммельсбергъ, Циммерманъ и др. оправдали съ разныхъ сторонъ требованіе періодическаго закона въ отношеніи къ урану, его высокій атомный вѣсъ не встрѣчаетъ противниковъ и придаетъ этому элементу особый интересъ.

Показавъ такимъ образомъ необходимость измѣненія величины атомныхъ вѣсовъ многихъ недостаточно полно обслѣдованныхъ элементовъ, періодическій законъ далъ возможность видѣть погрѣшности въ опредѣленіи величины атомныхъ вѣсовъ для многихъ изъ тѣхъ элементовъ, атомность которыхъ и мѣсто между другими элементами, были ранѣе точно опредѣлены. Особенно здѣсь важны три случая: теллуръ, титанъ и платина. Для теллура Берцеліусъ, съ его образцовыми пріемами анализа, далъ вѣсъ атома 128, а періодическій законъ требовалъ, чтобъ атомный вѣсъ теллура былъ меньше, чѣмъ іода, для котораго Стасъ твердо установилъ число около 126,5 и уже никакъ не болѣе 127. Професс.

растетъ по мѣрѣ увеличенія молекулярнаго вѣса растворенной соли, я предложилъ одному изъ молодыхъ нашихъ химиковъ г. Бурдакову изслѣдовать въ этомъ отношеніи хлористый бериллій. Если его молекула содержитъ $BeCl^2$, то вѣситъ 80 и тогда будетъ болѣе тяжела, чѣмъ $KCl = 74,5$, но легче $MgCl = 93$, если-же хлористый бериллій представляетъ составъ $BeCl^3 = 120$, то вѣсъ его болѣе $CaCl^2 = 111$ и менѣе $MnCl^2 = 126$. Опытъ показалъ справедливость перваго способа выраженія состава, потому что растворъ $BeCl^2 + 200H^2O$ представляетъ (при 15°/4°) удѣльный вѣсъ 1,0138 большій чѣмъ $KCl + 200H^2O$ (удѣльный вѣсъ 1,0121), но меньшій чѣмъ $MgCl^2 + 200H^2O$ (удѣльный вѣсъ 1,0203). Такимъ образомъ въ видѣ разрѣженномъ чрезъ превращеніе въ паръ или чрезъ переходъ въ растворъ одинаково оправдалась двуатомность бериллія.

*

Б. Браунеръ взялъ это дѣло на себя и показалъ рядомъ анализовъ, что истинный атомный вѣсъ теллура дѣйствительно менѣе чѣмъ іода и близокъ къ 125. Для титана обширныя изслѣдованія профессора Торпе также оправдали закономъ ожидаемый атомный вѣсъ Ti = 48, уже указанный Розе, но отвергавшійся анализами Пьерра и др. Столь же блестяще оправдались ожиданія періодическаго закона по отношенію къ ряду Os, Ir, Pt, Au, въ которомъ слѣдовало ждать повышенія атомнаго вѣса, числа же Берцеліуса, Г. Розе и др. давали ко времени возникновенія періодическаго закона слѣдующее:

Os = 200; Ir = 197; Pt = 198; Au = 196.

Оправданіе ожиданій періодическаго закона [1]) доставлено, во-первыхъ, новыми опредѣленіями (Seubert, Dittmar and M'Arthur) атомнаго вѣса платины, который оказался близкимъ къ 196, если принять O = 16 (какъ предлагаютъ Мариньякъ, Браунеръ и др.), во-вторыхъ, тѣмъ, что Зейбертъ доказалъ, что атомный вѣсъ осмія дѣйствительно меньше чѣмъ платины и близокъ къ Os=191, а въ третьихъ, тѣмъ, что для золота, послѣ изслѣдованій Krüss, Thorpe and Laurie, стало несомнѣннымъ, что его атомный вѣсъ болѣе чѣмъ платины, а именно близокъ 197 (если O = 16).

Такимъ образомъ оказалось, что тѣ атомные вѣса, измѣненіе которыхъ требовалось по принципу періодическаго закона, дѣйствительно слѣдуетъ измѣнить по провѣреннымъ опытамъ, то-есть, что періодическій законъ даетъ орудіе для провѣрки величинъ атомнаго вѣса, находимыхъ изъ опыта. Если же будутъ усовершенствоваться несомнѣнныя, періодическія правильности въ разностяхъ атомныхъ вѣсовъ, открытыя Ридбергомъ (1885) и выраженныя затѣмъ Базаровымъ (1887) въ видѣ отношеній атомныхъ вѣсовъ сосѣднихъ элементовъ, то вѣроятно, что найденное орудіе дастъ и способы болѣе детальнаго контролированія опытныхъ данныхъ, касающихся величины атомнаго вѣса.

Напомню затѣмъ, что періодическій законъ позволилъ не только увидѣть послѣдовательность измѣненія химическихъ свойствъ [2]),

---

[1]) Оно указано мною въ Lieb. Ann. Supp. Bd. VIII, 1871, pag. 211.

[2]) Такъ напр. въ типическомъ маломъ періодѣ

Li, Be, B, C, N, O, F

ясно виденъ постепенный переходъ отъ рѣзкихъ щелочныхъ металловъ къ рѣзкимъ кислотнымъ металлоидамъ, каковы галоиды.

но и привести въ систему многія физическія свойства, принадлежащія простымъ тѣламъ, показавъ, что и они подчиняются періодичности. На московскомъ съѣздѣ русскихъ естествоиспытателей въ августѣ 1869 года сообщено было мною о той зависимости какая существуетъ между удѣльными и атомными вѣсами простыхъ тѣлъ Въ слѣдующемъ году проф. Л. Мейеръ въ своей общеизвѣстной статьѣ [1]) болѣе подробно разобралъ тотъ же предметъ и тѣмъ содѣйствовалъ распространенію свѣдѣній о періодическомъ законѣ. Затѣмъ Карнелли, Лаури, Л. Мейеръ, Аустенъ и др. приложили періодическую систему къ выраженію правильностей въ измѣненіи магнитныхъ свойствъ простыхъ тѣлъ, ихъ температуры плавленія, теплоты образованія ихъ галоидныхъ соединеній и даже такихъ механическихъ свойствъ, какъ коэффиціентъ упругости, предѣльный грузъ разрыва и т. п. Общеизвѣстность выводовъ, полученныхъ при этомъ [2]) и оправданіе ихъ вновь открытыми простыми тѣлами, такъ какъ они оказались нетолько съ химическими, но и съ физическими свойствами предъугадываемыми періодической законностью, позволяетъ мнѣ, не останавливаясь надъ этимъ предметомъ, перейти къ окисламъ.

Періодическій законъ, указавъ постепенное возрастаніе способности элементовъ соединяться съ кислородомъ, сопровождающееся уменьшеніемъ способности къ соединенію съ водородомъ, выяснилъ точно такую же ограниченность окисляемости, какую давно примѣтили въ способности элементовъ въ отношеніи къ водороду. Къ одному атому элемента не присоединяется болѣе 4-хъ атомовъ водорода и кислорода, и если CH^4, SiH^4 представляютъ два наивысшихъ водородистыхъ соединенія, то RuO^4 и OsO^4 точно также суть наивысшіе кислородныя соединенія, какъ $HClO^4$, H^2SO^4, PH^3O^4. Пришлось признать типы окисловъ, какъ признали типы водородныхъ соединеній [3]). Періодическій законъ

---

[1]) Liebig's Annalen, Erg. Bd. VII. 1870.

[2]) Въ спектрахъ простыхъ тѣлъ можно примѣтить явную періодичность, потому что, во-первыхъ, изслѣдованія Hartley, Ciamician и др. показали гомологію спектровъ аналогическихъ простыхъ тѣлъ, во вторыхъ, щелочные металлы обладаютъ очевидно болѣе простыми спектрами, чѣмъ металлы слѣдующихъ группъ, въ третьихъ тѣмъ, что между сложными спектрами марганца и желѣза съ одной стороны и неменѣе сложными спектрами хлора и брома съ другой—существуетъ извѣстная степень сходства, отвѣчающая той степени сближенія этихъ элементовъ, которая указывается періодическимъ закономъ.

[3]) Ранѣе обыкновенно предполагали, что кислородъ, какъ элементъ дву-

показалъ, напримѣръ, что способность къ соединенію металлоидовъ съ кислородомъ прямо опредѣляется способностью ихъ соединяться съ водородомъ и сумма эквивалентовъ ихъ обоихъ для всѣхъ элементовъ=8, напр. къ хлору, соединяющемуся съ 1 атомомъ или эквивалентомъ водорода, можетъ присоединяться не болѣе какъ 7 эквивалентовъ кислорода, образуя Cl^2O^7, къ атому сѣры присоединяется 2 экв. водорода и не болѣе 6 эквив. кислорода или 3-хъ его атомовъ. Отсюда стало очевиднымъ, что нельзя искать въ такъ называемой атомности элементовъ, опредѣляемой по водородистымъ соединеніямъ, кореннаго свойства элементовъ, что слѣдуетъ видоизмѣнить ученіе объ атомности, если желаемъ достичь общаго начала, пригоднаго для пониманія конституціи всякихъ сложныхъ частицъ. Иными словами это значитъ, что только для углерода четырехъэквивалентнаго въ отношеніи какъ къ водороду, такъ и къ кислороду пригодно то ученіе о сохраненіи атомности и о связи элементовъ опредѣленнымъ числомъ сродства, которымъ желаютъ многіе еще и понынѣ выразить структуру сложныхъ частицъ. Но я бы зашелъ очень далеко, если бы захотѣлъ подробнѣе развивать тѣ слѣдствія, къ которымъ приводятъ вышеуказанныя соображенія. Считаю однако необходимымъ остановиться на одной частности, безъ разъясненія которой въ смыслѣ періодической законности, нельзя ждать расширенія ея области въ разсматриваемую сторону.

Тѣ высшіе окислы, дающіе соли, которыхъ образованіе предвидится періодическою системою, напр. для малаго періода, начинающагося съ натрія:

$$Na^2O,\ MgO,\ Al^2O^3,\ SiO^2,\ P^2O^5,\ SO^3,\ Cl^2O^7$$

должны быть ясно отличены отъ еще болѣе высокихъ степеней окисленія, отвѣчающихъ перекиси водорода и обладающихъ ха-

атомный, можетъ становиться въ каждую группировку атомовъ и конца присоединенія не было видно. Было вовсе не ясно, почему двуатомная сѣра, образуя

S<(O)(O)> и S<(O)(O)>O,

не образуетъ еще дальнѣйшихъ кислородныхъ соединеній, напр.

S<(O—O)(O—O)> или S<(O—O)(O—O)>O,

тогда какъ другіе элементы, напр. хлоръ образуетъ подобныя цѣпеобразныя соединенія, напр. Cl—O—O—O—O—K.

рактеромъ истинныхъ перекисей. Такія перекиси издавна извѣстны въ видѣ Na^2O^2, BaO^2 и сходныхъ съ ними. За послѣдніе годы подобныя перекисныя формы стали извѣстны для хрома, сѣры, титана и многихъ другихъ элементовъ и мнѣ приходилось не разъ слышать о томъ, что открытія этого рода могутъ нарушить выводы періодическаго закона, касающіеся окисловъ. Вовсе не думая такъ, выставляю прежде всего на видъ то обстоятельство, что въ свойствахъ всѣхъ такихъ перекисныхъ соединеній ясно видны общіе признаки, отличающіе ихъ отъ настоящихъ высшихъ солеобразныхъ окисловъ, особенно же легкая разлагаемость помощію однихъ контактныхъ дѣятелей, отсутствіе способности образовать соли обычнаго типа и присутствіе способности къ соединенію съ другими перекисями (соотвѣтственно способности перекиси водорода соединяться съ перекисью барія, открытой Шёне). Затѣмъ обращаетъ на себя вниманіе то обстоятельство, что въ нѣкоторыхъ группахъ замѣчается особое развитіе способности къ образованію перекисей. Такова напримѣръ VI группа, гдѣ перекисныя формы хорошо стали извѣстны для сѣры, хрома и урана, такъ что въ дальнѣйшихъ изслѣдованіяхъ, направленныхъ въ сторону перекисей, вѣроятно откроется своя періодичность, заставляющая ждать для молибдена и вольфрама способности сравнительно легко образовать перекисныя формы. Чтобы понять конституцію такихъ перекисей достаточно обратить вниманіе на то, что перекисная форма сѣры (или такъ называемая надсѣрная сѣрная кислота, acide persulfurique) относится къ сѣрной точно также, какъ перекись водорода къ водѣ, п. ч.:

$$H(OH) \text{ или } H^2O \text{ соотвѣтствуетъ } (OH)(OH) \text{ или } H^2O^2,$$

и точно также

$$H(HSO^4) \text{ или } H^2SO^4 \text{ отвѣчаетъ } (HSO^4)(HSO^4) \text{ или } H^2S^2O^8.$$

Подобныя же отношенія видны повсюду и соотвѣтствуютъ тому принципу замѣщеній, который я давно стараюсь выставить какъ одно изъ химическихъ обобщеній, вызванныхъ періодическимъ закономъ. Такъ, той же сѣрной кислотѣ, если смотрѣть на нее со стороны гидроксила и представить въ видѣ:

$$HO(SO^2OH),$$

отвѣчаетъ дитіоновая кислота:

$$(SO^2OH)(SO^2OH) \text{ или } H^2S^2O^6.$$

Поэтому-то точно также фосфорной кислотѣ: $HO(POH^2O^2)$ соотвѣтствуетъ въ этомъ смыслѣ субфосфорная кислота Зальцера:

$$(POH^2O^2)(POH^2O^2) \text{ или } H^4P^2O^6,$$

а потому должно думать, что перекисная форма, соотвѣтствующая фосфорной кислотѣ, если будетъ получена, представитъ составъ:

$$(H^2PO^4)^2 \text{ или } H^4P^2O^8 = 2H^2O + 2PO^3 \; ^{1)}.$$

Сколько то до сихъ поръ извѣстно, высшую форму перекисей составляетъ перекись урана UO^4, полученная Фейрли [2]), какъ OsO^4 есть высшая форма окисловъ, образующихъ соли. Тотъ образъ химическаго мышленія, который внушается періодическимъ закономъ, не только не нарушается открытіемъ перекисей, а напротивъ того укрѣпляется чрезъ ихъ открытіе и надо надѣяться, что дальнѣйшая разработка этой области еще болѣе покажетъ приложимость къ химіи во всѣхъ ея частяхъ началъ, вытекающихъ изъ періодическаго закона.

Позвольте мнѣ закончить бѣглыя мои замѣтки, относящіяся къ кислороднымъ соединеніямъ элементовъ, указаніемъ на то, что періодическій законъ особенно ясно видѣнъ въ отношеніи именно къ окисламъ, составляющимъ наибольшую массу веществъ, имѣющихся въ нашемъ распоряженіи на земной поверхности. Окислы явно управляются имъ въ своихъ свойствахъ, какъ химическихъ, такъ и физическихъ, особенно принявъ во вниманіе случаи полимеризаціи, столь очевидныя при сравненіи CO^2 и $Si\,O^{2n}$. Для доказательства этого привожу удѣльные вѣса s и уд. объемы v выс-

---

[1]) Въ этомъ смыслѣ щавелевая кислота $(COOH)^2$ такъ же отвѣчаетъ угольной $OH(COOH)$, какъ дитіоновая сѣрной или субфосфорная—фосфорной, а потому, если будетъ получена перекисная форма, углекислотѣ отвѣчающая, то она будетъ представлять составъ $(HCO^3)^2$ или $H^2C^2O^6 = H^2O + C^2O^5$. Точно также свинцу должна отвѣчать истинная перекись Pb^2O^5.

[2]) Для выясненія перекисей мнѣ кажутся особо поучительными соединенія, полученныя Fairley для урана. При дѣйствіи въ кисломъ растворѣ пе-
рекиси водорода на окись урана UO^3 происходитъ перекись урана $UO^4 4H^2O$
($U=240$), но если дѣйствовать перекисью водорода на окись урана въ при-
сутствіи ѣдкаго натра, то отъ спирта осаждается кристаллическое соединеніе,
содержащее $Na^4UO^8 4H^2O$; оно безъ сомнѣнія есть соединеніе перекисей натрія
Na^2O^2 и урана UO^4. Весьма возможно, что первая перекись $UO^4 4H^2O$ содер-
житъ элементы перекиси водорода и перекиси урана U^2O^7 или даже $U(OH)^6H^2O^2$,
также какъ перекисная форма, открытая недавно проф. Спринговъ для олова
содержитъ, быть можетъ, $Sn^2O^5H^2O^2$.

шихъ окисловъ изъ двухъ малыхъ періодовъ, представивъ всѣ окислы, для удобства сравненія, въ видѣ R^2O^n. Сверхъ того подъ знакомъ Δ привожу разность между объемомъ кислороднаго соединенія и простаго тѣла, дѣленную на *n* или на число атомовъ кислорода [1]):

	s	v	Δ		s	v	Δ
Na^2O	2,6	24	— 22	K^2O	2,7	35	— 55
Mg^2O^2	3,6	22	— 3	Ca^2O^2	3,15	36	— 7
Al^2O^3	4,0	26	+ 1,3	Sc^2O^3	3,86	35	0
Si^2O^4	2,65	45	5,2	Ti^2O^4	4,2	38	+ 5
P^2O^5	2,39	59	6,2	V^2O^5	3,49	52	6,7
S^2O^6	1,96	82	8,7	Cr^2O^6	2,74	73	9,5

Къ этимъ числамъ мнѣ нѣтъ надобности прибавлять что-либо, кромѣ указанія на то что во всѣхъ другихъ періодахъ видны такія же отношенія. Они то и дали мнѣ возможность быть увѣреннымъ въ томъ, что окись экасилиція будетъ имѣть уд. вѣсъ около 4,7. Полученная Винклеромъ эта окись германія дѣйствительно оказалась имѣющею уд. вѣсъ 4,703.

Вышеизложенное содержитъ далеко не все то, что увидѣли до сихъ поръ чрезъ телескопъ періодическаго закона въ безграничной области химическихъ эволюцій и тѣмъ болѣе далеко не все то, что можно еще увидѣть, но я надѣюсь, что сказанное объясняетъ причину того философскаго интереса, который связанъ въ химіи съ этимъ закономъ. Какъ одно изъ недавнихъ, но выдержавшихъ лабораторную провѣрку, научныхъ обобщеній, какъ инструментъ мысли, еще не подвергшійся видоизмѣненіямъ, періодическій законъ ждетъ не только новыхъ приложеній, но и усовершенствованій, подробной разработки и свѣжихъ силъ. Все это навѣрное придетъ, если такое собраніе людей науки, какое представляетъ Британское Химическое Общество, пожелало узнать столь немноголѣтнее прошлое періодическаго закона въ сообщеніи, посвященномъ славному имени Фарадея.

---

[1]) Слѣдовательно Δ выражаетъ среднее увеличеніе объема на каждый атомъ кислорода, содержащагося въ высшей солеобразной степени окисленія. Кислотные окислы, вообще, даютъ наибольшее значеніе для величины Δ, а рѣзкіе основные окислы даютъ обыкновенно отрицательную величину Δ.